Министерство мясной и молочной промышленности СССР

Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований

# МЯСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

# ПЕРЕРАБОТКА КЕРАТИНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Москва–1980

УДК 637.62/.64.004.14:658.18

В обзоре описаны методы переработки кератинсодержащего сырья, пути использования его гидролизатов, опыт работы Московского, Ленинградского, Сухумского и Чортковского мясокомбинатов по переработке этого сырья.

Авторы обзора: канд.техн.наук Н. Ф. Шевкунов (Сухумский мясокомбинат), канд.техн.наук С. Г. Либерман, канд.техн.наук М. Л. Файвишевский (ВНИИМП), А. П. Яцышин, канд.хим.наук И. А. Щербаков (Тернопольский филиал Львовского политехнического института).



В решениях XXV съезда КПСС, постановлениях мартовского (I965 г.) и июльского (I978 г.) Пленумов ЦК КПСС подчеркивается, что для дальнейшего развития животноводства необходимо создать в каждом колхозе, совхозе, межхозяйственном предприятии прочную кормовую базу.

В свете выполнения указанных постановлений перед мясной промышленностью стоит задача - изыскать дополнительные ресурсы непищевого сырья и обеспечить его переработку с целью увеличения производства сухих кормов животного происхождения и улучшения их качества.

Существенным ресурсом такого сырья является кератинсодержащее: рога, копыта, щетина, шерсть, малоценное перо, волос и др. Ресурсы кератинсодержащего сырья мясной промышленности составили в 1977 г. 42,96 тыс.т, в том числе рого-копытного - 30,16 тыс.т., а в 1978г. соответственно 45,07 и 30,97 тыс.т.

В настоящее время указанное сырье используется не полностью, что обусловлено особенностями строения белка кератина, являющегося главным компонентом этого сырья, а также несовершенством применяемых технологических методов его переработки.

В этой связи изыскание путей рациональной переработки и использования кератинсодержащего сырья имеет важное народнохозяйственное значение.

## Характеристика кератинсодержащего сырья и методы его переработки

Химический состав рогов и копыт крупного рогатого и мелкого рогатого скота, волоса, пера представлена в табл. I.

Таблица I

| Сырье | Содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | влаги | золы | азота | жира |
| Копыта | | | | |
| крупного рогатого скота | 8,7 | I,96 | I4,I8 | 0,65 |
| мелкого рогатого скота | 8,4 | I,78 | I4,30 | 0,53 |
| Рога | | | | |
| крупного рогатого скота | 8,55 | 2,02 | I4,00 | I,88 |
| мелкого рогатого скота | 6,85 | I,60 | I4,40 | I,70 |
| Волос | 6,7 | 6,9 | I3,90 | 2,50 |
| Перо | 7,0 | 4,00 | I3,70 | 3,00 |

Кератинсодержащее сырье содержит от 13,7 до 14,4% азота или 85,6 - 90,0% сырого протеина. Фосфорного ангидрида и окиси кальция больше всего содержится в копытах свиней и рогах крупного рогатого скота, а окиси калия - в копытах крупного рогатого скота; в рогах крупного рогатого и мелкого скота обнаружены только ее следы.

Результаты определения авторами полного элементного состава кератина рогов и копыт крупного рогатого скота приведены ниже.

| Наименование элемента | Содержание, % |
|---|---|
| Углерод | 46,53 - 48,26 |
| Кислород | 28,57 - 27,41 |
| Азот | 14,18 - 14,88 |
| Водород | 7,38 - 6,98 |
| Сера | 1,84 - 1,99 |
| Фосфор | 0,49 - 0,54 |
| Магний | 0,360 |
| Кальций | 0,250 |
| Калий | 0,150 |
| Железо | 0,143 |
| Барий | 0,037 |
| Кремний | 0,03500 |
| Цинк | 0,03200 |
| Алюминий | 0,02900 |
| Мышьяк | 0,01300 |
| Марганец | 0,00550 |
| Молибден | 0,00330 |
| Хром | 0,00160 |
| Свинец | 0,00160 |
| Кобальт | 0,00140 |
| Медь | 0,00033 |
| Фтор | 0,00003 |

Из приведенных данных видно, что в кератине содержится 22 химических элемента: 13 металлов и 9 металлоидов.

Для переработки кератинсодержащего сырья применяют его измельчение в порошок, взаимодействие с химическими веществами, ферментами, тепловую обработку.

Повышение способности кератинов вступать в реакцию связано с необходимостью разрушения их дисульфидных связей. Это достигается различными способами: нагревом в воде, путем окисления, восстановления или гидролиза.

Для растворения кератинов применяют в основном такие окислители,



как бром, перекись водорода или перекись водорода в щелочной среде. Для гидролитического разложения кератинов применяют термическую обработку в водной среде, растворы минеральных кислот или щелочей, а также протеолитические ферменты.

Гидролиз кислотами приводит к разрыву всех связей, соединяющих составные части белковой молекулы, и почти полностью превращает белок в смесь свободных аминокислот. Преимущество кислотного гидролиза состоит в том, что он не приводит к рацемизации кислот: они получаются в виде $l$-аминокислот. Однако в процессе кислотного гидролиза почти полностью разлагается триптофан, частично - серин, треонин и цистин; серосодержащие аминокислоты аспарагин и глутамин превращаются в аспарагиновую и глутаминовую кислоты. Освободившийся аммиак образует соответствующую соль аммония.

Полный щелочной гидролиз приводит к частичной рацемизации аминокислот и разрушению цистина, но триптофан и треонин сохраняются полностью.

Первоначальная реакция кератина со щелочью сводится к гидролитическому расщеплению или разрыву дисульфидных мостиков, в результате чего образуется сульфеновая кислота и сульфгидрильные производные. Образующиеся сульфеновые кислоты неустойчивы в щелочных растворах и подвергаются распаду на $H_2S$ и альдегид, который затем вступает в реакцию конденсации с аминогруппой. Скорость и глубина гидролиза белка зависят от температуры, концентрации кислоты или щелочи, их количественного соотношения с белком, давления и времени нагрева. Обычно для полного гидролиза применяют 5-20-кратный объем кислоты или щелочи по сравнению с массой белка. При атмосферном давлении употребляются следующие вещества: 6 н HCl, 8 н $H_2SO_4$, 5 н NaOH, 14% $Ba(OH)_2$.

При нагревании в воде пера, рогов, копыт, щетины и волоса под давлением 0,4-0,45 МПа происходит разрыв дисульфидных связей и частичный гидролиз. Полученная мука растворяется в воде и подвергается действию протеолитических ферментов.

При механической обработке (измельчении) кератиновое вещество изменяет свою структуру, в результате чего может частично растворяться в воде и расщепляться ферментами. При экстрагировании водой измельченного до пудры кератина частично извлекаются азот и сера, после чего кератин значительно лучше переваривается пепсином и трипсином. При этом продолжительность перевариваемости зависит от степени размола кератинсодержащего сырья, так как в измельченном кератине увеличивается количество свободных сульфгидрильных групп, в результате чего он становится частично растворимым и чувствительным к гидролитическому воздействию трипсина.

Однако гидролиз белков кератинов ферментами in vitro протека-

ст очень медленно и никогда не бывает полным. При pH IO протеиназа, которую вырабатывают некоторые одноклеточные организмы, расщепляет кератиновые вещества до отдельных аминокислот.

В настоящее время для получения аминокислот и пищевых продуктов применяют кислотный гидролиз, а для выработки кормового белка – кислотный и щелочной.

## Методы переработки кератинсодержащего сырья в СССР и за рубежом

Основные технологические режимы применяемых в настоящее время способов кислотного и щелочного гидролиза кератинсодержащего сырья представлены в табл.2.

В Болгарии было установлено, что при скармливании животным гидролизата рогов и копыт вместе с кукурузной и ячменной дертью,содержащийся в гидролизате азот усваивается организмом животного аналогично азоту подсолнечного шрота. На основании проведенных исследований рекомендовано применять кератиновый гидролизат в качестве добавки в корма, бедные аргинином, цистином, лейцином, тирозином и др.

Для получения пищевых продуктов из кератинсодержащего сырья применяют гидролиз кислотой. Гидролиз проводят при температуре 102$^{0}$С в течение 10 ч. Гидролизат можно использовать как приправу,улучшающую вкусовые качества и повышающую питательность пищи.

В Польше для получения белковой кормовой добавки из кератина применяют гидролиз кератинсодержащего сырья гидроокисью кальция в течение 3 ч при давлении 0,2 МПа.

В Чехословакии применяют щелочной гидролиз перьев, шерсти и отходов текстильной промышленности известковым молоком для получения кормового белка, содержащего 40,38% протеина, коэффициент переваримости которого – 94,3%. Такой продукт применяется для кормления свиней.

В США получают белки из шерсти, перьев, рогов, копыт и другого сырья путем их гидролиза при температуре 10-70$^{0}$С и pH 5-8 в жидкой среде, содержащей 0,1-5% протеазы, высший или низший алифатический спирт и восстановитель дисульфидных связей. Полученный в результате такой обработки белковый продукт используют в качестве корма для домашних животных.

Американскими исследователями показано, что замена в рационе цыплят 2-8% белка гидролизатом перьевой муки не снижает их живую массу. При увеличении дозы до 16% рост их замедляется.

В Японии разработан способ приготовления высокопитательного кон-



Таблица 2

| Разработчик | Вид получаемой продукции | Способ гидролиза | Расход реагента на 100 кг сырья | Расход воды на 100 кг сырья, л | Применяемая аппаратура | Давление, МПа | Температура, $^{0}$С | Продолжительность, ч | Нейтрализующий агент |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ВНИИМП | Корма | Щелочной с предварительным набуханием в течение 4 суток | NaOH (92%) 12 кг | 300 | Железобетонные чаны | – | 100 | 6-10 | HCℓ до pH 7 |
| УкрНИИмясомолпром | Аминокислоты, комплексамин | Кислотный | HCℓ (28%) 200 л | 200 | Автоклав | 0,15 | 110 | 4-6 | – |
| УкрНИИмясомолпром | Корма | Кислотный | HCℓ (2-6%) 250 - 300 л | – | Автоклав | 0,2-0,4 | 138-152 | 6-10 | $Na_2CO_3$ |
| ВНИИМП и Сухумский мясокомбинат | Корма и заменитель цельного молока | Щелочной | NaOH (3%) 9 кг | 300 | Автоклав | 0,2-0,3 | 130 - 140 | 5 | $H_3PO_4$ до pH 7 |
| Польша | Корма | Щелочной | CaO (80%) 25 кг | 975 | Автоклав | 0,2 | – | 3 | $CO_2$ до pH 7 |
| ФРГ, фирма Schering | Фармацевтические препараты | Кислотный | $H_2SO_4$ (5%) 500 л | | Открытый котел | – | 100 | 7 | CaO до pH 5,2 |
| Болгария | Пищевые и кормовые добавки | Кислотный | HCℓ [illegible] | – | Открытый котел | – | 102 | 10 | – |

центрата супа из гидролизованных кератинов, содержащих полный набор аминокислот.

Фирма Schering (ФРГ) получает фармацевтические препараты путем гидролиза рогов и копыт серной кислотой.

В УкрНИИмясомолпроме разработана технология получения кормовых гидролизатов из кератинсодержащего сырья. Гидролиз ведут 2-6-процентной соляной кислотой в течение 6-10 ч при давлении в реакторе 0,2-0,4 МПа и температуре 135-152°С. Очищенный активированным углем, нейтрализованный кальцинированной содой до pH 6,5-7,0 и высушенный на распылительной сушилке при температуре в зоне сушки 90-95°С комплексамин, содержащий до 20% хлорида натрия, применяют в качестве кормовой добавки или для частичной замены (10-20%) растительных и животных белков основного рациона свиней и птицы.

Также разработан способ получения для выпойки молодняка заменители молока из непищевого сырья мясной промышленности, в котором кислотный кератиновый гидролизат заменяет до 30% молочного белка.

Во ВНИИМПе разработан метод ферментативного гидролиза кератинсодержащего сырья. Сырье сортируют, промывают, загружают в горизонтальный вакуумный котел, заливают трехкратным количеством раствора мочевины и бикарбоната натрия и обрабатывают в течение 2,5 ч при давлении 0,2 МПа. По окончании гидролиза жидкую фракцию сливают через кран, а размягченное сырье измельчают в волчке, загружают в мешалку и добавляют фермент - технический панкреатин. В ту же мешалку подают жидкость, слитую из котла. Ферментацию ведут в течение 10 ч при комнатной температуре. Полученный гидролизат высушивают в распылительной сушилке, выход готового продукта составляет 70-75%. Химический состав гидролизата характеризуется следующими данными, %: влага - 5, протеин - 75, зола - 3, мочевина - 0,44, аминный азот - 1,71. В его составе имеется полный набор незаменимых аминокислот.

В ходе биологических исследований установлено, что гидролизат кератинсодержащего сырья, полученный ферментативным методом, можно использовать для замены 15% (по протеину) мясо-костной муки. При скармливании такой мясо-костной муки среднесуточные привесы поросят были примерно равны привесам в контрольных группах животных, которым скармливали обычную мясо-костную муку. Более высокое содержание гидролизата в мясо-костной муке не дало положительных результатов при скорме.

Также предложен гидролизный способ получения кормовой муки, заключающийся в том, что сырье растворяют в 3-процентом растворе едкого натрия при температуре 18-25° в течение 2-4 суток, затем нагревают до температуры 100°С в течение 6-10 ч, нейтрализуют раствор гидролизата соляной кислотой и сушат его на распылительной сушилке или вместе со шкварой в горизонтальных вакуумных котлах.



ВНИИМПом также предложены способ получения и рецептура белково-жироуглеводной основы заменителя цельного молока, в состав которого входит щелочной гидролизат кератинсодержащего сырья, позволяющий удовлетворить потребность в некоторых незаменимых аминокислотах. Гидролиз кератина проводят 2-3-процентным раствором щелочи, взятым в трехкратном количестве к сырью, и нейтрализуют раствор концентрированной ортофосфорной кислотой. Одним из видов щелочного гидролиза кератинсодержащего сырья является аммиачный, разработанный в Алма-Атинском институте химических наук Академии наук Казахской ССР.

Гидролиз кератинсодержащего сырья (рого-копытной муки среднего помола, щетины, рогов, копыт, пера) проводили в лабораторном автоклаве из нержавеющей стали. Сырье замачивали в 25-процентном растворе аммиака (в соотношении 1:2) и выдерживали при комнатной температуре (рога, перо - 24 ч, щетину, рого-копытную муку - 12 ч). Затем автоклав погружали в водяную баню при 60°С сначала на 16 ч, затем температуру повышали до 100°С и проводили гидролиз еще 16 ч. По окончании гидролиза аммиак удаляли вакуумной перегонкой. В результате получали водорастворимый белковый препарат.

Органолептические показатели и химический состав препарата, полученного в результате гидролиза, приведены ниже.

| | |
|---|---|
| Внешний вид | В сухом состоянии - мелкий порошок |
| Цвет | Светло-желтый |
| pH 1-процентного раствора | 6,8 - 7,0 |
| Растворимость | Полная |
| Влага, % | 5,8 |
| Зола, % | 1,2 |
| Хлориды, в пересчете на хлор-ион | 0,1 |
| Общий азот, % | 16,5 |
| Свободный белок, ед.опт.пл. | 0,7 |
| Азот аминокислот и низших пептидов, % | 3,6 |
| Сера, % | 1,1 |
| Выход растворимого препарата, % | 73 - 74 |

Приведенные данные показывают, что применение аммиака позволяет получить водорастворимый продукт с высоким содержанием общего азота (до 16,5%), в то время как при щелочном гидролизе он находился на уровне 12,5%. Данные аминокислотного состава показывают на примерную идентичность продуктов, полученных двумя различными методами - с применением едкого натра и аммиака.

Применение аммиака в качестве щелочного реагента не оказывает влияния на интенсификацию процесса гидролиза по сравнению с едким натром, однако исключает необходимость нейтрализации кислотой, что необходимо в случае применения других щелочных реагентов (например, едкого натра или едкого калия), а также при кислотном гидролизе, позволяет получить продукт с низким содержанием золы (1,25%). Кроме того, в результате обработки аммиаком вырабатываемый гидролизат содержит значительно больше азотистых веществ, чем при других щелочных реагентах (16,5% против 12,5%). Вместе с тем этот метод гидролиза сопряжен с необходимостью строгого соблюдения правил техники безопасности вследствие применения такого взрывоопасного агента, как аммиак.

В Киевском технологическом институте пищевой промышленности разработан и на Ворошиловградском мясокомбинате внедрен способ получения кормового белкового концентрата из кератинсодержащего сырья путем поверхностного химического гидролиза под давлением в горизонтальных вакуумных котлах с использованием мочевины и других химических веществ.

Сущность технологии производства кормового белкового концентрата (КБК) заключается в том, что рога, копыта животных или подкрылок птицы загружают в горизонтальный вакуумный котел емкостью 4,6 $м^3$ в количестве 800 и 500 кг, куда одновременно заливают воду (в соотношении I:I 2,5) и вносят кристаллические мочевину или сульфит натрия из расчета I÷3 и 5% к массе сырья. Затем сырье стерилизуют и гидролизуют под давлением внутри котла $I,962 \times IO^5$ Па (температура $I33^{\circ}C$) в течение: рога и копыта - 5-6 ч, подкрылок птицы - I-I,5 ч, с последующей сушкой гидролизованной массы в том же котле под вакуумом (5,33-6,67) $IO^4$ Па при температуре 80-90°C в течение 4-5 ч.

Общая продолжительность процесса при переработке рогов и копыт составляет IO ч 25 мин - I2 ч 25 мин, подкрылка птицы - 8 ч I5 мин.

В процессе гидролиза кератинсодержащего сырья образуются крупные полипептиды, которые хорошо связывают воду. Благодаря этому слив бульона исключается, что предотвращает потери сухих веществ. Высушенный КБК выгружают в транспортное устройство и направляют на охлаждение, просеивание, затем очищают от металлических примесей и упаковывают в мешки.

Кормовой белковый концентрат из кератинсодержащего сырья представляет собой малогигроскопический сыпучий порошок коричневого цвета. По химическому составу он характеризуется следующими данными, %: влага - до IO, протеин - 73-81, жир - 1,5-4, безазотистые экстрактивные вещества - 0,5-3,0, зола - 7-13, кальций - 3,5-4,4, фосфор - 1,6-I,9. Содержание аминокислот в IOO г протеина составляет 78-97 г, в том числе незаменимых до 30-39 г. При этом в КБК



содержатся все незаменимые аминокислоты, количество их больше, чем в мясной, мясо-костной, рыбной муке, сухом обезжиренном молоке.

По содержанию переваримого протеина и количеству незаменимых аминокислот I кг КБК равноценен 0,6-0,8 кг кровяной, 1-1,4 кг рыбной, 1,2-1,7 кг мясной, 1,4-I,8 кг мясо-костной муки, I,1-1,5 кг сухих кормовых дрожжей и I,6-2,1 кг сухого обезжиренного молока.

С целью изучения биологической ценности КБК, а также рого-копытной и перьевой муки, полученных водно-тепловым гидролизом, были проведены опыты на свиньях и телятах.

При контрольном убое от свиней, которым скармливали КБК из кератинсодержащего сырья, гидролизованного мочевиной, получено больше мяса и лучшего качества по сравнению с остальными опытными группами. По органолептическим и химическим показателям не установлено существенных различий в мясе и крови убойных животных, которые получали рационы с мукой, полученной различными технологическими способами.

В Тернопольском филиале Львовского политехнического института разработан универсальный технологический метод переработки кератинсодержащих отходов, позволяющий получить продукт, содержащий комплекс аминокислот, а также необходимые для нормального роста и развития животного органические вещества. В филиале были проведены исследования по определению оптимальных режимов проведения гидролиза кератинсодержащего сырья: вида и концентрации щелочного реагента, температуры (давления), продолжительности и жидкостного коэффициента. В качестве сырья использовали копыта крупного рогатого скота. Результаты исследований показали, что гидролиз кератинсодержащего сырья 13-процентным раствором щелочи в течение 4 ч при жидкостном коэффициенте 1:3 и давлении 0,2 МПа позволяет достичь сравнительно высокой степени расщепления кератина с наименьшим разрушением аминокислот. Разработанная технология внедрена на Чортковском мясокомбинате.

Щелочной гидролизат кератинсодержащих отходов, нейтрализованный фосфорной кислотой, представляет собой темно-зеленый однородный раствор со слабым аммиачным запахом, в то время как щелочной гидролизат, нейтрализованный соляной кислотой - это студенистая масса светло-коричневого цвета с запахом сушеных грибов.

Плотность полученных гидролизатов, определенная пикнометрическим методом составляет I,12-I,I4 г/$см^3$. Температура кипения кератинового гидролизата, определенная по микрометоду Сиволобова, равна 102-103°C; температура замерзания, определенная криоскопическим методом, составляет 4,6°C. Гидролизат содержит от 71,5 до 75,0% влаги и 25,0-28,5% сухих веществ. pH полученного гидролизата равен 11-13. На нейтрализацию 100 мл гидролизата до pH 6,5-7,7 расходуется

от 4,5 до 5,0 мл ортофосфорной кислоты (плотность 1,69 г/см³, концентрация 85%).

Содержание золы составляет 6,0-6,3% массы жидкого или 24,2-24,8% массы сухого гидролизата, а органических веществ - 19,0-22,2%.

В жидком гидролизате содержится от 2,0 до 2,5% азота, от 4,8 до 5,2% $P_2O_5$ и от 7,9 до 8,14% окиси калия. или 6,4-6,6% окиси натрия. Данные, характеризующие содержание аминокислот в щелочном (KOH) кератиновом гидролизате, полученном в автоклаве под давлением 0,2 МПа, а также в кислотных гидролизатах, полученных путем гидролиза кератина 6 н HCl и ортофосфорной кислотой (взятой в соотношении 1:3) при условиях, аналогичных щелочному гидролизу, приведены в табл. 3.

Таблица 3

| Аминокислоты | Содержание аминокислот в гидролизатах, % к сухому веществу | | |
|---|---|---|---|
| | щелочном | кислотном | |
| | | НС | $H_3PO_4$ |
| Аланин | 0,49 | 3,00 | 3,97 |
| Аргинин | 4,34 | 5,94 | 3,96 |
| Валин | 3,35 | 5,67 | 6,68 |
| Глицин | 2,10 | 4,50 | 0,12 |
| Лейцин | 0,34 | 5,73 | - |
| Лизин | 2,81 | 4,15 | - |
| Гистидин | 0,81 | 1,35 | - |
| Метионин | - | 1,05 | - |
| Пролин | 4,44 | 1,37 | - |
| Серин | 5,32 | 5,27 | 2,92 |
| Тирозин | 1,39 | 3,22 | 0,27 |
| Триптофан | 0,65 | - | - |
| Треонин | 2,32 | 1,92 | 1,67 |
| Фенилаланин | 1,09 | 3,12 | - |
| Цистин | Следы | 3,42 | Следы |
| Аспарагиновая кислота | 2,43 | 3,40 | 1,83 |
| Глутаминовая кислота | 2,49 | 8,98 | 4,02 |

Гидролизат является ценной белковой кормовой добавкой благодаря содержанию в нем комплекса аминокислот и негидролизованного белка. Сравнительный аминокислотный состав гидролизата и наиболее распространенных пищевых продуктов приведен в табл. 4.



Таблица 4

| Аминокислоты | Содержание аминокислот, г на 100 г белка | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Зерно пшеницы | Зерно кукурузы | Картофель | Молоко | Яичная масса | Мышцы говяжьи | Щелочной гидролизат |
| Глицин | - | - | - | - | - | 0,80 | 2,10 |
| Аланин | - | - | - | - | - | 1,04 | 0,49 |
| Валин | 0.44 | 0,73 | 0,11 | 0,23 | 1,00 | 0,88 | 3,35 |
| Лейцин | 0,68 | 1,10 | 0,16 | 0,34 | 1,10 | 1,28 | 0,34 |
| Изолейцин | 0,37 | 0,38 | 0,08 | 0,23 | 0,90 | 0,75 | - |
| Фенилаланин | 0,49 | 0,45 | 0,10 | 0,18 | 0,70 | 0,71 | 1,09 |
| Пролин | - | - | - | - | - | 0,80 | 4,44 |
| Серин | - | - | - | - | - | 0,81 | 5,32 |
| Треонин | 0,35 | 0,48 | 0,10 | 0,17 | 0,60 | 0,74 | 2,32 |
| Тирозин | 0,09 | 0,39 | - | - | - | 0,50 | 1,39 |
| Аспарагиновая кислота | - | - | - | - | - | 1,28 | 2,43 |
| Глутаминовая кислота | - | - | - | - | - | 2,34 | 2,49 |
| Аспарагин | 0,47 | 0,57 | 0,10 | 0,18 | 0,80 | 1,05 | - |
| Лизин | 0,27 | 0,27 | 0,11 | 0,28 | 0,90 | 1,36 | 2,81 |
| Гистидин | 0,22 | 0,22 | 0,04 | 0,10 | 0,30 | 0,44 | 0,31 |
| Триптофан | 0,15 | 0,11 | 0,03 | 0,05 | 0,20 | 0,17 | 0,65 |
| Цистин | 0,30 | 0,19 | - | 0,03 | 0,30 | 0,22 | Следы |
| Метионин | 0,14 | 0,20 | 0,04 | 0,08 | 0,50 | 0,40 | - |

Данные таблицы указывают, что в продуктах растительного происхождения содержания аминокислот намного ниже, чем в гидролизате.

Содержание аминокислот в копытах крупного рогатого скота в зависимости от возраста приведено в табл. 5.

Таблица 5

| Аминокислоты | Содержание аминокислот в копытах крупного рогатого скота в зависимости от возраста животного, % | | |
|---|---|---|---|
| | до 1 месяца | до 1 года | старше 1 года |
| Глицин | 0,85 | 0,93 | 1,20 |
| Аланин | 2,30 | 2,34 | 2,52 |
| Валин | 3,05 | 3,52 | 3,71 |
| Лейцин | 2,67 | 4,61 | 6,43 |
| Фенилаланин | 3,11 | 2,80 | 2,68 |
| Пролин | - | - | 4,50 |
| Серин | 3,73 | 3,86 | [illegible],02 |

Продолжение табл. 5

| Аминокислоты | Содержание аминокислот в копытах крупного рогатого скота в зависимости от возраста животного, % | | |
|---|---|---|---|
| | до I месяца | до I года | старше I года |
| Треовин | 1,96 | 2,24 | 2,32 |
| Тирозин | I,68 | I,85 | 2,06 |
| Аргинин | 2,93 | 3,95 | 4,07 |
| Лизин | 8,2 | 3,65 | 3,80 |
| Гистидин | 2,12 | 2,20 | 2,20 |
| Триптофан | - | - | - |
| Цистин | 2,61 | 2,68 | 5,60 |
| Метионин | 0,5 | 0,94 | I,04 |
| Аспарагиновая кислота | 3,86 | 8,96 | 4,66 |
| Глутаминовая кислота | I2,97 | I5,77 | I7,94 |

Кроме того, были исследованы коллоидные свойства щелочного кератинового гидролизата.

Размер частиц или степень дисперсности кератинового гидролизата определяли путем измерения оптической плотности его водных растворов при заданной длине волны с помощью фотоэлектрокалориметра ФЭК-М. Установлено, что радиус частицы кератинового гидролизата составляет I88,4 ммк. Следовательно, гидролизат представляет собой грубодисперсную систему.

Молекулярный вес частиц щелочного кератинового гидролизата определяли с помощью вискозиметра Оствальда с капилляром 0,73 мм при температуре 20°С (время истечения воды ($\tau_0$) составляло 27,5с). Данные, характеризующие вязкость водных растворов кератинового гидролизата, приведены в табл. 6.

Таблица 6

| Концентрация раствора кератинового гидролизата (С), % | Удельная вязкость кератинового раствора ($\eta_{уд}$) | Приведенная вязкость кератинового раствора ($\eta_{уд} = \frac{\eta_{уд}}{ср}$) |
|---|---|---|
| 0,0 | - | - |
| 2,5 | 0,148 | 0,036 |
| 7,5 | 0,387 | 0,036 |
| I2,5 | 0,532 | 0,043 |
| I7,5 | 0,857 | 0,051 |
| 22,5 | I,397 | 0,059 |
| 25,5 | I,65 | 0,066 |



На основании полученных данных можно сделать вывод, что между приведенной вязкостью и концентрацией гидролизата существует прямолинейная зависимость.

При определении электрокинетических свойств дисперсной системы установлено, что щелочной кератиновый гидролизат в электрическом поле ведет себя как типичная дисперсная система. Он подвергается электрофорезу, причем частицы дисперсной фазы кератинового гидролизата заряжены отрицательно, так как граница раздела перемещается в сторону положительного электрода. Электрокинетический потенциал кератинового гидролизата равен 5,15 мВ и с увеличением концентрации электролита снижается, что объясняется уменьшением заряда гранул и является характерным свойством дисперсной системы.

Поверхностное натяжение кератинового гидролизата определяли методом наибольшего давления пузырька в приборе Ребиндера.

Поверхностное натяжение растворов кератинового гидролизата снижается с ростом концентрации как до адсорбции, так и после нее. Следовательно, кератиновый гидролизат снижает поверхностное натяжение воды и является поверхностно-активным веществом.

Для характеристики кератинового гидролизата большое значение имеет изучение его структурообразования, или реологических свойств. Внутренние структуры образуют золи, суспензии, коллоидные растворы и полимеры.

Предельное напряжение на сдвиг раствора кератинового гидролизата устанавливали по времени его истечения в вискозиметре Уббелоде. Предельное напряжение (давление) на сдвиг для кератинового гидролизата составляет I,7I КПа. Незначительная величина его указывает на то, что кератиновый гидролизат является слабоструктурированной жидкостью.

При исследовании кератинового гидролизата было установлено, что он обладает хорошими эмульгирующими свойствами. Так, если взять водный раствор, содержащий 16 мл гидролизата и 24 мл воды, то его эмульгирующее действие в 2,5 раза больше, чем 0,I-процентного раствора мыла; эмульгирующее действие неразведенного кератинового гидролизата в 4,5 раза превышает эмульгирующую способность 0,I-процентного мыльного раствора.

Было изучено влияние рН кератинового гидролизата на его эмульгирующие свойства. Установлено, что при добавлении кислоты (рН 4) время расслоения составляет II мин, а при добавлении щелочи (рН 8) - I3 мин. Таким образом, в кислой среде эмульгирующее действие кератинового гидролизата снижается.

Изучение физико-химических свойств кератинового гидролизата показало, что щелочной кератиновый гидролизат является слабострукту-

пированной жидкостью с предельным напряжением на сдвиг I,7I КПа, электрокинетическим потенциалом, равным 5,I5 мВ, радиусом частиц I88,4 ммк, молекулярным весом частиц 953 углеродных единиц.

Так как растворы гидролизата обладают поверхностно-активными свойствами, то их можно использовать в качестве эмульгаторов и пенообразователей.

Полученный Тернопольским филиалом Львовского политехнического института кератиновый гидролизат был использован в качестве добавки к растительному сырью (опилки древесные, кукурузные кочерыжки и др.), которое подвергали гидролизу, разбавленными серной и фосфорной кислотами. Полученный фосфорнокислый белковый гидролизат нейтрализуют известковым молоком и отделяют путем фильтрования образовавшуюся соль - фосфорнокислый кальций. В гидролизате содержится комплекс аминокислот и необходимые для животных элементы - азот, фосфор, кальций и др. Добавка раствора белкового гидролизата в рационы свиней позволяет увеличить среднесуточный привес.

Результаты исследований, проведенных на Запорожском гидролизно-дрожжевом заводе, показали, что добавление белкового гидролизата растительных и кератинсодержащих отходов в дрожжевую суспензию положительно влияет на выход кормовых дрожжей. Твердый остаток лигнина, обогащенного в процессе гидролиза азотом и фосфором, после отделения белкового гидролизата, нейтрализации гидроокисью калия и высушивания применяли в качестве биоминерального удобрения.

## Опыт работы предприятий мясной промышленности по переработке кератинсодержащего сырья

Наиболее распространенным методом переработки кератинсодержащего сырья на предприятиях мясной промышленности в настоящее время является водный гидролиз под давлением в горизонтальных вакуумных котлах. Таким методом перерабатывают рого-копытное сырье для получения рого-копытной муки, перо-подкрылок и отходы перо-пухового производства для получения муки из гидролизованного пера.

Основными стадиями технологического процесса получения рого-копытной муки являются разварка сырья под давлением в воде, сушка разваренной массы под вакуумом, измельчение, просеивание и упаковка.

На Московском мясокомбинате переработку рого-копытного сырья производят в горизонтальном вакуумном котле, в котором осуществляют все стадии термической обработки, включая разварку и сушку.

Перед термической обработкой сырье промывают проточной водой температурой 40-60°С в центрифуге или барабане в течение 5-8 мин.

Режим переработки рого-копытного сырья на Московском мясокомбинате приведен в табл. 7.



Таблица 7

| Показатели | Варианты | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | [illegible] | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Вид сырья | | Копыта | | | Отходы рогов |
| Масса сырья, кг | I360 | II40 | I252 | I235 | I0I5 |
| Количество добавляемой воды, л | 300 | 250 | 440 | 400 | I7I0 |
| Разварка: | | | | | |
| давление в рубашке котла, МПа | 0,34 | 0,34 | 0,29 | 0,29 | 0,39 |
| давление внутри котла, МПа | 0,24 | 0,24 | 0,29 | 0,24 | 0,22 |
| продолжительность, ч -мин | 8-30 | 8-00 | 3-00 | 3-00 | 4-00 |
| Сушка: | | | | | |
| давление в рубашке котла, МПа | 0,34 | 0,34 | 0,29 | 0,29 | 0,39 |
| вакуум, МПа | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 |
| продолжительность, ч-мин | 4-I5 | 4-00 | 4-00 | 5-00 | 5-00 |
| Общая продолжительность процесса, ч-мин | 7-45 | 7-00 | 7-00 | 8-00 | 9-00 |
| Вывод муки, % от массы сырья | 44,5 | 68,I | 50,0 | 58,6 | 91,5 |

Полученная мука характеризуется следующими показателями, %: влага - 8,8-9,I; жир - I,I-2,I; зола - 5,2-I5,9; азот - I2,7 - I8,4.

На Ленинградском мясокомбинате разварку сырья производят в диффузоре, а сушку - в горизонтальном вакуумном котле.

Режим переработки рого-копытного сырья на Ленинградском мясокомбинате приведен в табл. 8.

Таблица 8

| Показатели | Варианты | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I. | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Масса сырья, кг | I830 | I835 | I889 | I879 | I869 |
| Содержание влаги в сырье,% | 34,4 | 39,7 | 31,6 | 25,6 | 30,9 |
| Разварка: | | | | | |
| давление греющего пара, МПа | 0,24 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| давление внутри диффузора, МПа | 0,20 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| продолжительность, ч-мин | 5-20 | 7-00 | 4-20 | 4-00 | 4-30 |

Продолжение табл.8

| Показатели | Варианты | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Сушка: | | | | | |
| давление греющего пара, МПа | 0,28 | 0,30 | 0,27 | 0,29 | 0,29 |
| вакуум в котле, МПа | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 |
| продолжительность, ч | 7 | 5 | 8 | 6 | 5 |
| Выход муки, % от массы сырья | 44,8 | 46,8 | 52,9 | 61,4 | 58,0 |
| Содержание в муке, %: | | | | | |
| влаги | II,2 | 9,6 | I0,0 | 7,7 | 9,6 |
| жира | 2,9 | I,9 | 2,7 | 0,8 | 2,4 |
| азота | I3,6 | I3,6 | I2,6 | I3,7 | I3,5 |

После измельчения муку просеивают через сита с отверстиями диаметром 0,5; I,5 и 4,0 мм. В зависимости от крупности помола муку подразделяют на три вида: мелкую - размеры частиц менее 0,5 мм, среднюю - от 0,5 до I,5 мм и крупную - от I,5 до 4 мм.

Крупность помола имеет важное значение в случае использования рого-копытной муки в качестве добавки к мясо-костной. Для этого возможно применение рого-копытной муки только тонкого и среднего помола.

На предприятиях птицеперерабатывающей промышленности - Староминском птицекомбинате, Алма-Атинском мясоконсервном комбинате и др. - для производства муки из гидролизованного пера используют подкрылок птицы всех видов, а также отходы сырья, образующиеся на фабриках перо-пуховых изделий. Для этих же целей используют мелкое перо птицы всех видов, не пригодное для использования на фабриках перо-пуховых изделий.

В зависимости от вместимости горизонтальных вакуумных котлов в них загружают следующее количество сырья.

| Вид сырья | Норма загрузки сырья (кг) в горизонтальные вакуумные котлы емкостью, $м^3$ | |
|---|---|---|
| | 4,6 | 2,8 |
| Подкрылок | 500 | 270 |
| Мелкое сырье | 550 | 300 |
| Отходы перо-пухового производства | 300 | I70 |

После загрузки сырья в горизонтальные вакуумные котлы добавляют воду из расчета I:I для подкрылка и 3,5:I для мелкого сырья и отходов перо-пухового производства. Термическая обработка сырья в горизонтальном вакуумном котле предусматривает подогрев сырья в течение 30-60 мин, разварку в течение 2,5-3,5 ч при давлении в рубашке котла 0,2-0,25 МПа и внутри котла 0,I5-0,2 МПа, сушку в течение 3,5 - 4,0 ч при давлении пара в рубашке котла 0,3 МПа и вакууме 0,065 МПа, выгрузку готовой массы в течение 20 мин. Общая продолжительность процесса составляет 7-9 ч. Высушенную массу после охлаждения измельчают на молотковой дробилке и просеивают.





Выход муки из гидролизованного пера составляет 75% от сырья с исходной влажностью 12%. В соответствии с требованиями ГОСТ I7536 - 72 мука из гидролизованного пера должна содержать, %: влаги - не более 9 (для первого сорта) и I0 (для второго сорта), белка - соответственно не менее 75 и 58, жира - не более 4 и 7, золы - не более 8 и 20, безазотистых экстрактивных веществ и клетчатки - не более 4 и 5. Содержание патогенных микроорганизмов не допускается.

В НПО "Комплекс" разработана технология переработки отходов перо-пухового производства ускоренным методом. По этому методу гидролиз сырья проводят в течение I ч при давлении пара в рубашке котла 0,3-0,35 МПа, а сушку - в течение 4-4,4 ч при вакууме 0,078-0,91 МПа и давлении пара в рубашке 0,3 МПа. Применение ускоренного метода переработки отходов перо-пухового производства позволило сократить общую продолжительность процесса до 6 ч вместо 7-9 ч при существующем способе. При этом получаемая мука из гидролизованного пера имела переваримость на 7% выше, чем выработанная обычным способом.

На Чортковском мясокомбинате внедрена технология переработки кератинсодержащего сырья, заключающаяся в следующем. Для получения I3-процентного раствора щелочи в стальной чан емкостью 300-400 л загружают 21 кг гидроокиси калия или натрия и I45 л воды. После полного растворения раствор щелочи перекачивают в открытый котел, куда загружают 50 кг кератинсодержащих отходов, предварительно промытых водой. Затем в рубашку котла подают пар, доводя давление в рубашке до 0,4 МПа. Через 30-35 мин, когда содержимое котла нагревается до кипения, давление в рубашке снижают до 0,I МПа и поддерживают на протяжении всего процесса гидролиза.

Котел снабжен предохранительным клапаном и краном для спуска воздуха. Контроль за давлением пара в рубашке ведут по манометру.

Расщепление кератина происходит при периодическом перемешивании при температуре I00°С в течение 3 ч. После окончания гидролиза прекращают подачу пара, выпускают конденсат и охлаждают содержимое в течение 30 мин до температуры 45-50°С.

Полученный щелочной гидролизат представляет собой темно-зеленый однородный раствор со слабым аммиачным запахом, плотностью I,I2-I,I4 г/$см^3$ и pH = II. Раствор нейтрализуют до pH = 6,5-7, добавляя

в течение 25 мин при постоянном перемешивании 6-8 л фосфорной кислоты.

Готовый продукт разливают в деревянные бочки и направляют потребителю или высушивают на распылительной сушилке.

Общая продолжительность технологического процесса составляет 6,0 ч.

Описанный метод переработки кератинсодержащего сырья не требует значительных капитальных затрат и специального оборудования и может применяться на мясо-птицекомбинатах небольшой мощности. На более крупных мясокомбинатах, имеющих цехи технических фабрикатов, производство кератинового гидролизата целесообразно осуществлять в горизонтальных вакуумных котлах, в которых можно одновременно перерабатывать до 600-800 кг кератинсодержащего сырья.

Технологическая схема получения щелочного кератинового гидролизата в горизонтальном вакуумном котле аналогична разработанной для открытых котлов. Отличие состоит в том, что гидролиз сырья проводится в горизонтальном вакуумном котле при периодическом перемешивании под давлением 0,2 МПа в течение 3 ч. Нейтрализацию полученного гидролизата осуществляют в специальном чане из нержавеющей стали, куда из мерника подается фосфорная кислота.

Процесс гидролиза кератинсодержащего сырья необходимо вести под давлением 0,2 МПа внутри котла и не более 0,3 МПа в рубашке. При повышении давления аминокислоты разлагаются в значительной степени, что снижает кормовую ценность готового продукта.

Схема получения кератинового гидролизата в горизонтальном вакуумном котле приведена на рис. I.

В зависимости от назначения готового продукта для гидролиза кератинсодержащего сырья можно применять различные гидроокиси: $KOH$, $NaOH$ и $Ca(OH)_2$.

Для получения белковой кормовой добавки, содержащей необходимые животным минеральные вещества, гидролиз следует вести смесью растворов гидроокиси натрия и кальция в соотношении 7:1, а для получения биоминерального удобрения - гидроокисью калия, так как для нормального роста и развития растениям необходимы соли калия.

Расход сырья и материалов (кг) для гидролиза 100 кг кератинсодержащего сырья с целью получения кормовой добавки и биоминерального удобрения по технологии, применяемой на Чортковском мясокомбинате, представлен ниже.



| | Кормовая добавка | Биоминеральное удобрение |
|---|---|---|
| Рога | 50 | 50 |
| Копыта | 50 | 50 |
| Гидроокись: | | |
| натрия | 35 | - |
| кальция | 5 | - |
| калия | - | 41 |
| Вода, л | 287 | 287 |
| Фосфорная кислота, л | 15 | 18 |

Выход жидкого гидролизата составляет 410-420 кг, сухого - 110-120 кг.

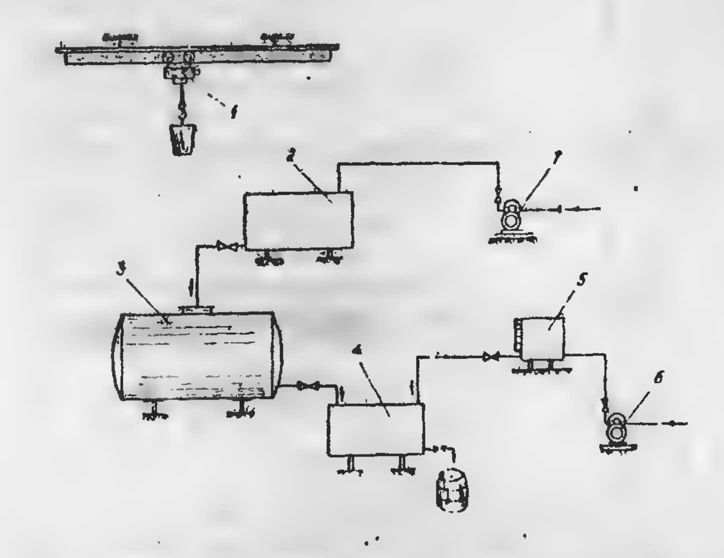


Рис. I. Схема получения щелочного кератинового гидролизата в горизонтальном вакуумном котле: I - подъемник; 2 - емкость для набухания сырья; 3 - горизонтальный вакуумный котел; 4 - емкость для нейтрализации гидролизата; 5 - дозатор кислоты; 6,7 - насосы

На основании данных химического анализа установлено, что полученный кератиновый гидролизат содержит 2,0-2,5% азота в форме аминокислот, пептидов и негидролизованного белка, окислы фосфора, натрия и кальция, или окись калия, а также микроэлементы: марганец, цинк, медь, кобальт и др.

На Сухумском мясокомбинате применяется разработанный во ВНИИМПе щелочной гидролиз кератинсодержащего сырья с последующей нейтрализацией фосфорной кислотой. Способ дает возможность перевести в переваримую форму кератинсодержащие вещества и обогатить их некоторыми минеральными компонентами.

Сущность способа заключается в том, что кератинсодержащее сырье загружают в автоклав и добавляют трехкратное количество 3-процентного раствора едкого натра (или калия). Гидролиз проводят в течение 5-6 ч при давлении 0,2-0,3 МПа. По окончании процесса гидролизат поступает в нейтрализатор, снабженный мешалкой и обрабатывают ортофосфорной (или соляной) кислотой до достижения pH 7. Готовый продукт имеет концентрацию сухих веществ 20-22%, в том числе протеина 15-16%. Выход гидролизата составляет примерно четырехкратное количество от переработанного сырья.

Преимущество способа по сравнению с вышеописанным заключается в том, что процесс осуществляется одностадийно (без набухания), снижается расход химических реагентов (щелочи и кислоты в 4,3 раза), сокращается продолжительность процесса и упрощается его аппаратурное оформление.

Производство щелочного гидролизата осуществляется на линии производительностью 65 кг/ч, схема которой приведена на рис. 2. Расход пара на I т гидролизата составляет I,5 т, электроэнергии – 22 кВт. Линию обслуживают два человека. Гидролизат кератинсодержащего сырья, полученный этим способом, используется для производства ЗЦМ (заменителя цельного молока), применяемого при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных. Данная технология включена в проект, по которому построен цех на Сухумском мясокомбинате. Для получения ЗЦМ используют стабилизированную пищевую цельную кровь или форменные элементы крови, гидролизат кератинсодержащего сырья, пищевой костный жир и сахар. Состав трех рецептур заменителей цельного молока (% на сухое вещество), приведен ниже.

| | Рецептуры | | |
|---|---|---|---|
| | I | 2 | 3 |
| Форменные элементы крови | 33,0 | 37,8 | – |
| Стабилизированная пищевая цельная кровь | – | – | 38,0 |
| Гидролизат кератинсодержащего сырья | 9,6 | 4,8 | 4,8 |
| Жир костный пищевой I сорта | 46,0 | 46,0 | 46,0 |
| Сахар | II,4 | II,4 | II,2 |

Технология производства ЗЦМ заключается в следующем: форменные элементы пищевой крови (или цельную кровь) и щелочной гидролизат кератинсодержащего сырья подогревают при перемешивании до температу-



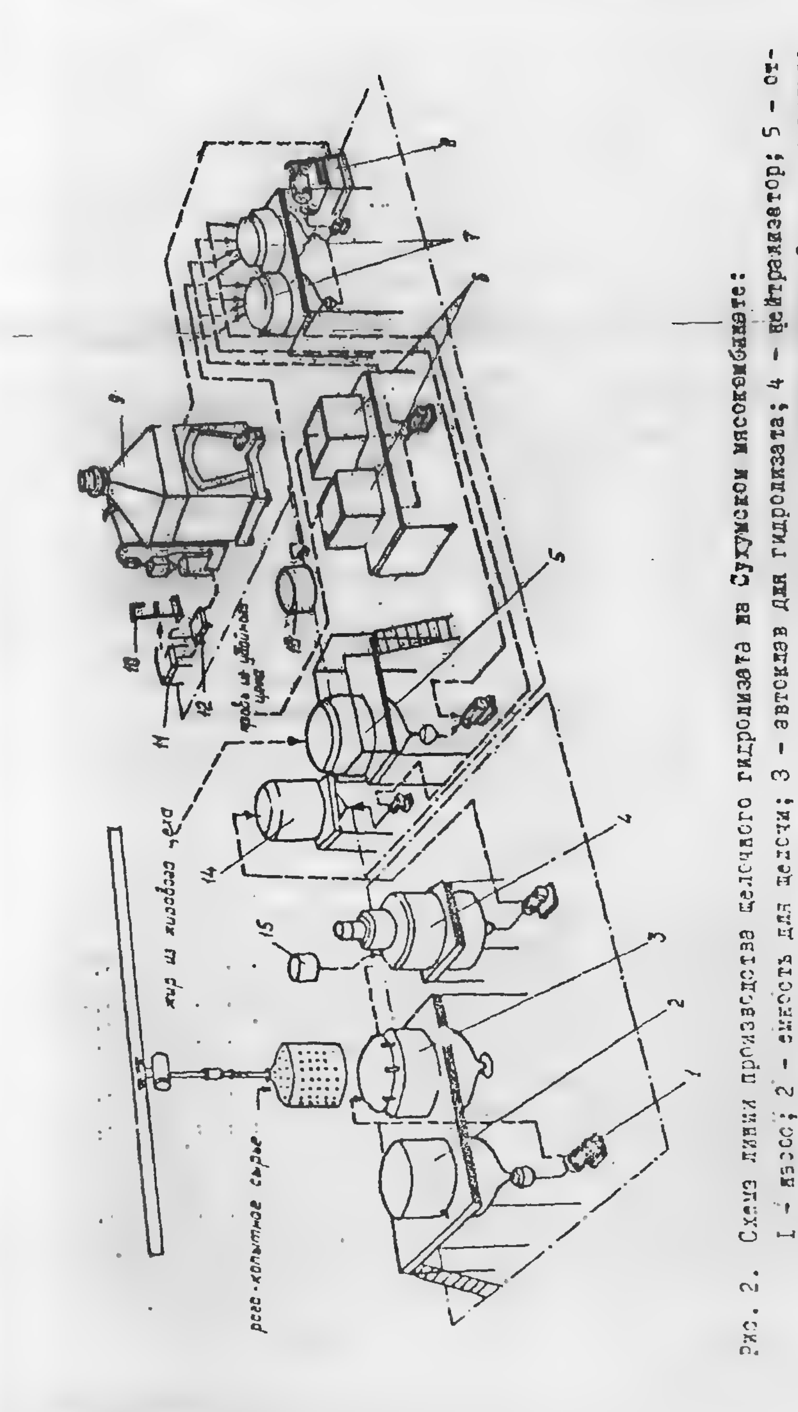


Рис. 2. Схема линии производства щелочного гидролизата на Сухумском мясокомбинате:
I – насос; 2 – емкость для щетины; 3 – автоклав для гидролизата; 4 – нейтрализатор; 5 – отстойник для жира; 6 – сборник для крови; 7 – смеситель; 8 – гомогенизатор; 9 – сушилка; I0 – машина для зашивки мешков; II – машина для сварки полимерных пленок; I2 – весы; I3 – емкость для сахарного сиропа; I4 – подогреватель гидролизата; I5 – мерник для кислоты

ры 35-37°С, а костный жир растапливают и нагревают до температуры 45-50°С. В нагретый жир добавляют раствор антиокислителя (сантохина) из расчета 200 г на I т жира. Сахар растворяют в подогретом растворе форменных элементов и гидролизата или в теплой воде.

Подготовленный раствор форменных элементов, гидролизата, сахара и жира подают с помощью насоса в смеситель, снабженный мешалкой. Для получения однородной массы смесь подвергают гомогенизации посредством ультразвуковых колебаний на гидродинамической установке с частотой 5-10 кГц в течение 10-15 мин или обрабатывают на обычном гомогенизаторе либо путем интенсивного перемешивания. После гомогенизации смесь высушивают на распылительной или вальцовой сушилке. Затем охлаждают и упаковывают в бумажные мешки.

Опыт эксплуатации показал необходимость модернизации вальцовой сушилки СДА- 50, применяемой для сушки молока. Так, подачу эмульсии на барабаны необходимо осуществлять с помощью форсунок. В противном случае кровь или форменные элементы при тонкослойном нанесении через питательный желобок начинают коагулировать на обогреваемых паром барабанах (вальцах) сушилки, в результате чего продукт не высыхает за один полный оборот и срезается ножами в виде клейкого жгута. Для использования такого типа сушилки необходимо также уменьшить частоту вращения вальцов примерно в 4 раза.

Продукт, получаемый на этой сушилке, имеет довольно низкую растворимость (содержание нерастворившегося осадка достигает 18%). Поэтому на Сухумском мясокомбинате принято решение об оснащении цеха производства ЗЦМ сушилкой распылительного типа. При ее использовании обеспечивается хорошее качество готовой продукции (высокая степень растворимости), исключается денатурация белков крови, форменных элементов и гидролизата кератиносодержащего сырья, продукт получается однородным и хорошо высушенным.

На производство заменителя цельного молока (кормового полуфабриката) для молодняка сельскохозяйственных животных Минмясомолпромом Грузинской ССР утверждена нормативно-техническая документация (ТУ 49 ГССР 28-75).

Биологическая ценность кормового полуфабриката изучена во Всесоюзном институте животноводства при выращивании поросят и телят. Для исследований была приготовлена опытно-производственная партия продукта следующего состава, в %: влага - 7,8; жир - 37,6; протеин - 41,9; минеральные вещества - 1,8; безазотистоэкстрактивные вещества - 10,9; калорийность - 6931 кал/г.

Аминокислотный состав кормового полуфабриката характеризовался следующими данными (в г на 100 г сухого продукта): лизин - 4,4; гистидин - 3,5; аргинин - 2,3; аспарагиновая кислота - 5,3; глицин - 2,I; аланин - 3,4; цистин - 0,2; валин - 3.6; изолейцин - 0,5; лейцин - 6,I; тирозин - I,3; фенилаланин - 3,3.



Для опыта были отобраны поросята в возрасте 65 дней и разделены на две группы. В рацион поросят первой группы входил комбикорм и заменитель молока на молочной основе по ТУ 49 181-71. В рацион поросят второй группы входил комбикорм и кормовой полуфабрикат. ЗЦМ и кормовой полуфабрикат скармливали с влажным комбикормом. Норму полуфабриката увеличивали со 150 до 500 г в сутки. В среднем на один кормодень расходовали 2,09 кг комбикорма и 329 г ЗЦМ или кормового полуфабриката. Продолжительность опыта составляла 58 дней. Все это время систематически велось наблюдение за развитием поросят. Данные, характеризующие изменение массы поросят при откорме, приведены ниже.

| | Группа животных | |
|---|---|---|
| | первая | вторая |
| Количество животных ................ | 8 | 8 |
| Средняя живая масса одного поросенка, кг :..................... | 22,6 | 23,5 |
| через I4 суток откорма .......... | 30,I | 3I,4 |
| через 34 суток ...................... | 40,9 | 41,9 |
| в конце опыта ..................... | 58,5 | 57,6 |
| Среднесуточный привес, г: | | |
| за I4 суток ...................... | 557 | 608 |
| за весь период опыта ............ | 630 | 598 |

На 1 кг привеса в первой группе израсходовано 3,32 кг комбикорма и 522 г ЗЦМ, а во второй - 3,5 кг комбикорма и 550 г кормового полуфабриката. Затраты кормов во второй группе в расчете на сухое вещество на 5,4% выше. Так как комбикорм в обеих группах скармливали один и тот же, то разницу в стоимости затраченных кормов определяли по разности стоимости ЗЦМ и кормового полуфабриката. Учитывая, что цена I т кормового полуфабриката второго сорта равна 860р., а ЗЦМ - 1575 р., выращивание одного поросенка с использованием кормового полуфабриката обошлось на 12,7 р. дешевле, чем при скармливании ЗЦМ.

Для определения переваримости питательных веществ и баланса азота, кальция и фосфора был проведен опыт на четырех животных из каждой группы. Рацион поросят состоял из 195-220 г ЗЦМ или кормового полуфабриката и I,4-I,6 кг комбикорма. Коэффициенты переваримости (%) компонентов рациона приведены ниже.

| Компоненты корма | Группа животных | |
|---|---|---|
| | первая | вторая |
| Сухое вещество ................. | 73,3 | 76,3 |
| Протеин ......................... | 69,7 | 76,7 |

| | | |
|---|---|---|
| Жир .......................... | 64,4 | 72,9 |
| Клетчатка ..................... | 24,I | 29,5 |
| БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества) ............... | 81,4 | 82,4 |

Из приведенных данных видно, что питательные вещества корма лучше усваивались животными второй группы: по протеину - на 7,0%, по жиру - на 8,5%. Обеспеченность протеином подсвинков, получавших полуфабрикат, была на 5,98 г выше контроля. Коэффициент усвояемости азота протеина составил в первой группе 43,16% от принятого и 62,05% от переваренного и соответственно 40,2 и 52,32% у животных второй группы. Абсолютные числа баланса кальция и фосфора были практически одинаковыми.

С целью изучения влияния кормового полуфабриката на развитие поросят раннего возраста были проведены опыты в течение 45 суток на двух группах животных с живой массой 6,7 и 6,10 кг. В каждую группу входило II поросят. Схема опыта аналогична предыдущей. Расход кормов за период опыта составил в среднем на одного поросенка 0,596 кг комбикорма и 0,174 кг ЗЦМ для первой группы и 0,588 кг комбикорма, 0,142 кг кормового полуфабриката, 0,027 кг ЗЦМ - для второй группы. Установлено, что живая масса животных и среднесуточные привесы как в первой, так и во второй группах были одинаковыми. Затраты кормов на I кг привеса составили для животных первой группы I,464 кг комбикорма и 0,427 кг ЗЦМ; для животных второй группы I,410 кг комбикорма, 0,341 кг кормового полуфабриката и 0,065 кг ЗЦМ. Если принять стоимость I кг комбикорма 0,1 р., то общая стоимость кормов, затраченных на I кг привеса, для животных первой группы составляла 0,82 р., второй группы 0,54 р. Таким образом, затраты на I кг привеса у животных второй группы ниже на 34,2% по сравнению с первой.

Аналогичные опыты были проведены в течение 41 суток на 39 поросятах 34-дневного возраста. Среднесуточный привес несколько больше у животных второй группы. Общие затраты кормов на 1 кг привеса составили в первой группе 2,205 кг, во второй - 2,094 кг. Стоимость кормов на 1 кг привеса во второй группе ниже на 0,23 р. по сравнению с первой.

Положительные результаты были также получены при зоотехнических испытаниях кормового полуфабриката на телятах. Опыты, проводимые в течение 90 дней на телятах, показали, что перевариваемость органического вещества корма подопытными животными, получившими кормовой полуфабрикат, достигала 88%, а у контрольных, получавших ЗЦМ на молочной основе, - 91%. Перевариваемость жира в обеих группах была одинаковой. Приросты массы у телят опытной и контрольной групп практически не отличались.



Таким образом, исследования кормового продукта с использованием гидролизата кератинсодержащего сырья показали его пригодность и эффективность для выращивания молодняка сельскохозяйственных животных. Продукт с гидролизатом кератинсодержащего сырья не уступает по качественным показателям заменителям цельного молока, получаемым на молочной основе. Широкое внедрение разработанной технологии получения гидролизата кератинсодержащего сырья и его использование в качестве компонента кормового полуфабриката - заменителя цельного молока - обеспечит рациональное применение отходов убоя скота для производства биологически ценного кормового продукта. Рекомендуется также использовать гидролизат кератинсодержащего сырья как кормовую белковую добавку в рацион животных и птицы.

Повышение продуктивности животноводства требует обалансирования кормов в отношении белка, минеральных веществ и ряда дополнительных биологически активных факторов. Однако даже при полной обеспеченности животных протеином не всегда возможно получить максимальные привесы, т.к. интенсивность роста зависит не только от количества, но и от качества используемого белка. Качество последнего, в свою очередь, зависит от содержания в нем незаменимых аминокислот.

Гидролизат кератинсодержащего сырья, полученный по описанной выше технологии, содержит комплекс незаменимых аминокислот, частично негидролизованный белок, необходимые минеральные вещества в виде фосфорнокислых солей натрия и кальция, а также микроэлементы. Такой богатый аминокислотный и минеральный состав кератинового гидролизата обусловливает его высокие кормовые свойства. Поэтому были проведены опыты по изучению эффективности использования щелочного гидролизата в качестве кормовой добавки. Для этого были отобраны четырехмесячные поросята крупной белой породы, из которых сформировали две группы по 15 голов в каждой. Первая группа являлась контрольной. Животные этой группы получали основной рацион, состав которого приведен в табл. 9. Вторая (опытная) группа получала основной рацион и кормовую добавку в количестве 50 г кератинового гидролизата в сутки на I голову. Живая масса поросят к концу уравнительного периода, который продолжался 15 суток, составила 27-30 кг. Продолжительность опыта - 132 суток. Контрольные взвешивания проводили через каждые десять суток.

Были проведены опыты по определению оптимального количества кормовой добавки. Доза, равная 50 г гидролизата в сутки на голову, позволяет получить наиболее высокие привесы. С увеличением количества белковой добавки животные корма не поедали, и привесы уменьшились.

Поросята опытной группы охотно поедали корма с жидкой добавкой, вводимой с зеленой массой или половой. Данные, характеризующие сред-

несуточные привесы подопытных свиней (в среднем на голову), приведены в табл. I0.

Таблица 9

| Возраст животных, месяцы | Вид корма, кг | | | | | | | Кормовые единицы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Дерть пшеничная | Обезжиренное молоко | Зеленая масса клевера | Свекла кормовая с ботвой | Свекла кормовая | Картофель | Полова | |
| 4 | I,2 | I,0 | 2,0 | – | – | – | – | I,6 |
| 5 | I,2 | I,0 | 2,0 | 2,0 | – | – | – | I,8 |
| 6 | I,5 | I,0 | 2,0 | 2,0 | – | I,0 | 0,4 | 2,3 |
| 7 | 2,0 | I,0 | – | – | 3,0 | 2,0 | 0,6 | 2,8 |
| 8 | 2,0 | I,0 | – | – | 3,0 | 2,0 | 0,6 | 2,8 |

Таблица I0

| Группа животных | Средняя живая масса, кг | | Средний привес, г | |
|---|---|---|---|---|
| | начальная | конечная | группы за период откорма | животного в сутки |
| Контрольная | 28,4 | 88,0 | 894,0 | 45I |
| Опытная | 28,2 | 94,2 | 990,0 | 502 |

Из данных табл. I0 видно, что опытная группа, получавшая белковую добавку, дает более высокие привесы, чем контрольная. Так, среднесуточные привесы животных опытной группы превышают среднесуточные привесы животных контрольной группы на II%.

Опыты по изучению влияния белковой кормовой добавки из кератинового гидролизата в количестве I50 г на I голову молодняка крупного рогатого скота также дали положительные результаты.

## Применение щелочного кератинового гидролизата в качестве биоминерального удобрения

Помимо использования на кормовые цели кератинсодержащие отходы широко применяются в качестве удобрений. Однако удобрения этого типа действуют очень медленно, поэтому для ускорения их усвоения отходы обжигают, обрабатывают известью, смешивают с навозом или компостом.



Щелочной гидролизат может быть успешно применен в качестве биоминерального удобрения. Для изучения влияния щелочного кератинового гидролизата на рост и развитие растений были проведены опыты на небольших делянках селекционной станции. Результаты показали, что стимулирующее действие на урожайность картофеля и зерна кукурузы оказывает 0,5-процентный раствор гидролизата кератинсодержащего сырья, а на урожайность капусты – 0,3-процентный раствор. Положительные результаты были получены при использовании кератинового гидролизата для выращивания других овощей и культур.

На основании предварительных опытов была проведена производственная проверка эффективности использования кератинового гидролизата в качестве биоминерального удобрения в колхозе "За коммунизм" Теребовлянского района, имени Горького и "I-е Мая" Чортковского района Тернопольской области.

Для подкормки сахарной и кормовой свеклы, а также кормовой моркови в почву с помощью машины ПАН-8 вносили 400 кг 5-процентного раствора гидролизата в расчете на I га пашни. Подкормку проводили в конце мая.

Результаты показали, что применение 5-процентного раствора кератинового гидролизата повышает урожайность сахарной свеклы на 3I-33 ц с I га, кормовой моркови – на 20,0 ц. При этом установлено, что содержание сахара в свекле увеличивается на 0,4%.

Для определения экономической эффективности применения щелочного кератинового гидролизата в сельском хозяйстве была определена его себестоимость, стоимость полученного привеса животных или прибавки урожая, дополнительные затраты, связанные с применением данного продукта. С учетом того, что выход готовой продукции из I00 кг сырья составляет 4I0 кг, себестоимость I т кормовой добавки составляет 33 р., а себестоимость I т комплексного биоминерального удобрения, полученного из кератинсодержащего сырья с применением I3-процентной щелочи, – 57 р.

Во ВНИИгидролиза проведены исследования по применению щелочного кератинового гидролизата, освобожденного от серы и сероводорода активированным углем, в качестве стимулятора роста кормовых дрожжей. Опытами установлено, что добавка 4 г/л 0,4-процентного кератинового гидролизата повышает выход сухих дрожжей "Тулунская I" до 9,0%. Меньшие дозы стимулятора не оказывают положительного эффекта.

Щелочной кератиновый гидролизат стимулирует рост дрожжей "Свобская I" при дозе 0,5 г/л на I,6%, при дозе 2 г/л – на 6,5%, а "Тулунская I" при дозе I г/л – на 5,2% и при дозе 3 г/л – на 6,4% на синтетической среде Андреева. Выход биомассы гриба Oidium lactis увеличивается на 8,3% на среде с добавкой стимулятора в качестве

I г/л и на 13% - при добавке кератинового гидролизата в количестве 8 г/л.

Опытами по непрерывному выращиванию микроорганизмов на древесных гидролизатах Запорожского гидролизного завода установлено, что добавка кератинового гидролизата в количестве 0,05% от массы сусла повышает выход биомассы культуры **Candida quillermondii** "Запорожская 4" на 3,5%.

Следовательно, новой и перспективной областью рационального использования кератинового гидролизата является применение его в качестве стимулятора роста кормовых дрожжей.

* * *

Анализ описанных методов переработки кератинсодержащего сырья показывает, что наиболее перспективными являются способ щелочного гидролиза сырья под давлением с целью получения растворимого продукта для использования в качестве компонента кормового полуфабриката и заменителя цельного молока, стимулятора роста кормовых дрожжей и биоминерального удобрения, применяемый на Сухумском мясокомбинате, а также способ поверхностного химического гидролиза с применением мочевины.

Возможность применения эксплуатируемого в цехах технических фабрикатов оборудования для обработки кератинсодержащего сырья мочевиной позволяет широко использовать этот способ для получения кормового белкового концентрата, отличающегося высокой усвояемостью.

Широкое внедрение на мясокомбинатах этих способов переработки кератинсодержащего сырья позволит обеспечить рациональное использование имеющихся ресурсов этого сырья для производства высококачественных кормовых продуктов.



## Литература


Гаевой Е.В., Скицарь А.И., Птак И.Р. Технология производства и эффективность скармливания кератиновой муки в рационах животных. М., ВНИИТЭИСельхоз, 1976.

Горяев М.М., Быкова Л.Н., Гринина О.В. Аммиачный гидролиз кератинсодержащего сырья. - Мясная индустрия СССР, 1978, № 3, с. 36-37.

Карпова В.П., Кракова В.З., Эдельман Г.И. Получение кормового гидролизата из кератинового сырья методом ферментативного гидролиза.- Мясная индустрия СССР, 1977, № 12, с. 39 - 40.

Либерман С.Г., Файвишевский М.Л., Заяс Ю.Ф., Горбатов В.М., Татулов Ю.В., Подообляева Л.А. Новый заменитель молока для выпойки телят. -Мясная индустрия СССР, 1973, № 5, с. 19.

Мулярчук М.Д. Увеличить производство и улучшить качество сухих животных кормов. - Мясная индустрия СССР, 1973, № 6, с. 22.

Надиров Н.К., Попов А.П. Белок из нефти. М., Знание, 1974, с. 4, 24.

Остапец Н.Г. Производство кормового белкового концентрата. - Мясная индустрия СССР, 1978, № 5, с. 23-28.

Патент США № 3578461

Файвишевский М.Л., Подообляева Л.А., Смекалов Н.А. Использование отходов убоя скота для производства заменителей цельного молока. - В кн.: Научные труды ВАСХНИЛ "Повышение качества продуктов животноводства", М., Колос, 1978, с. 164-170.

Файвишевский М.Л. Методы получения и применения рогокопытной муки. - Мясная индустрия СССР, 1978, № 9, с. 22-24.

Чурукба Т.Х. Производство кормовой муки из малоценного пера. - Мясная индустрия СССР, 1973, № 7, с. 31.

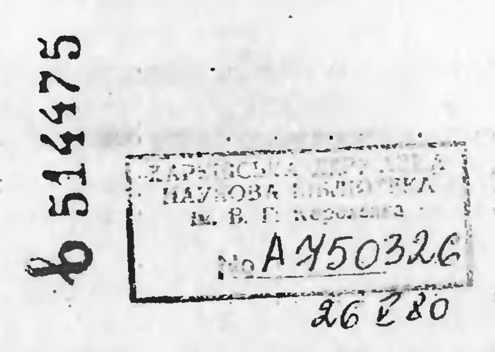
Ewing W.R. Poultry nutrition,5th edition.Ray Ewing Co,Pasadena, California,1963.

Shorland F..,Bentley K.W.Food Technology.Australia,21, 1969.p.218-220.

Cherry G.P., Mc Watters K.H., Miller Gosephina,Sheufelt A.Z. Advances in Experimental Medicine and Biology, 86 B, 1977,p. 503-530.

Содержание






Ответственные за выпуск А.Э.Степнова, Т.В.Павлова
Редакторы Л.Г.Федотова, Н.А.Галкина, Т.Г.Мягкова

Подписано в печать I9.II.79 Формат 60х90/I6 Бумага писчая
Печать офсетная Печ. л. 2,0 Уч.-изд. л. I,55 Тираж 3700 экз.
Заказ 2II7 Цена 23 к.

ЦНИИТЭИмясомолпром, I27254, Москва, ул.Руставели, I4/I0
ПСП ЦНИИТЭИмясомолпрома, I27254, Москва, ул.Руставели, I4/I0